分层模型描述的“元宇宙”及下一代互联网

山 旭 冯 春
（媒体融合生产技术与系统国家重点实验室，北京 100803）

摘 要：2021 年，“元宇宙”在世界范围内引发广泛关注。针对元宇宙的著述多从理论视角解读，对业界的实践经验研究相对较少，本文利用分层模型方法描述了“元宇宙”为代表的下一代互联网平台的体系结构。以此为基础，结合对腾讯公司、英伟达公司、Epic Game 公司等相关产业人士和研究人员的调研访谈和相关文本，对“元宇宙”产业的优势企业分布进行对比分析，指出中国“元宇宙”产业及技术的薄弱之处。

关键词：元宇宙；网络分层模型；产业布局；下一代互联网；空间信息技术 **中图分类号：**G633 **文献标识码：**A
文章编号：1671-0134（2022）01-015-03 DOI：10.19483/j.cnki.11-4653/n.2022.01.003
本文著录格式：山旭，冯春 . 分层模型描述的“元宇宙”及下一代互联网 [J]. 中国传媒科技，2022（01）：15-18.

“元宇宙”（Metaverse），最早是由美国科幻小说家尼尔·斯蒂芬森（Neal Stephenson）在 1992 年的科幻小说《雪崩》（Snow Crash）中提出的概念：人们通过“网络分身”（Avatar）生活在一个脱胎于现实世界，又与现实世界平行、相互影响，并且始终在线的虚拟世界。2021 年，因 Facebook 公司等国际大型互联网公司的推动，“元宇宙”引起全球性的广泛关注，并成为下一代互联网的代名词。而在此前后，不同企业、机构也曾提出“3D/三维互联网”“全真互联网”“平行宇宙”（Omniverse）等相似概念和产品，核心均指向以虚实结合、用户生产内容（UGC）为特点的下一代互联网。

本文尝试利用网络分层模型的方法，对“元宇宙”为代表的下一代互联网的体系结构进行描述，并以此为基础对当前中外“元宇宙”产业布局、力量对比的情况进行分析，指出中国在下一代互联网竞争中的薄弱之处。

1.“元宇宙”与下一代互联网共性特点

1.1 “元宇宙”及相关概念

1.1.1 “元宇宙”

Metaverse 一词由“Meta”和“Verse”组成。“Meta”表示超越，“Verse”代表宇宙（universe）。“元宇宙”是近年来计算机图形技术、5G 通信、云计算、空间信息技术等关键技术的突破和普及，“整合多种新技术而产生的新型虚实相融的互联网应用和社会形态”。它将数字世界与现实世界在经济系统、社交系统、身份系统上密切融合，并且允许每个用户进行内容生产和编辑。[1]

1.1.2 3D 互联网

3D 互联网，也称三维互联网。根据该理论，“一维互联网”是主要以信息查询、信息阅读为主的 Web1.0 时代，用户更多是向互联网单向获取信息、阅读信息。PC 门户网站是“一维互联网”的典型代表。2D/ 二维互联网是指用户普遍称为互联网内容创造者和互联网平台共同建设者的 Web2.0 时代，信息 / 数据在用户和平台之间双向流动，不断产生新的信息和数据。3D/ 三维互联网则是通过高度仿真的三维互联网空间实现用户与平台、用户与用户之间更为广泛的信息 / 数据交流，而其三维架构也较 Web1.0、Web2.0 的平面架构可以容纳和生产更多信息 / 数据，其上限无限接近真实世界。

1.1.3 全真互联网

全真互联网是由腾讯公司提出的下一代互联网概念。由于从实时通信到音视频等一系列基础技术的进步，算力快速提升，推动信息接触、人机交互的模式发生更丰富的变化，实现了一个从量变到质变的过程。“它意味着线上线下的一体化，实体和电子方式的融合。虚拟世界和真实世界的大门已经打开，无论是从虚到实，还是由实入虚，都在致力于帮助用户实现更真实的体验。”[2] 腾讯公司认为，从消费互联网到产业互联网，应用场景也已打开。通信、社交在视频化，视频会议、直播崛起，游戏也在云化。随着 VR 等新技术、新的硬件和软件在各种不同场景的推动，全真互联网带来的变革，就像移动互联网转型一样。

1.1.4 Omniverse

Omniverse 是美国英伟达（NVIDIA）公司的“元宇宙”概念。它在狭义上是指为 3D 设计协作和数据孪生模拟而构建的开放平台，旨在通过将图形、AI、模拟和可扩展计算整合到一个平台上，成为连接数字世界的基础。通过 Ominverse，艺术家、设计师和创作者可以使用其设计应用程序协作创建高仿真度的 3D 资产和场景。[3] 在广义上，通过广泛而普遍地连接和构建物理级准确的数字世界或“数字孪生”，Omniverse 最终将构筑从物品尺度到行星尺度，高保真、物理级准确、可扩展、实时的数字世界模拟。

2.1 下一代互联网共性特点

“元宇宙”其实是对众多类型未来数字世界的广泛描述，是目前所知的一种网络演变。数字世界在呈现、体验和最重要的连接方式方面拥有共同的基础，这些共同基础是所有类型的世界必不可少的。它们主要包括：

2.1.1 真实

无论何种名称，各个下一代互联网平台概念都建立

在三维技术支持的高仿真度基础上。这种高仿真度达到物理级别：也就是完全符合物理世界物体的外形、体积、颜色等特点，它既包括灰尘也包括行星，是高度仿真的自然世界也是高度仿真的人类社会。

2.1.2 同步

数字空间与真实世界保持互通互联，并因此实现高度同步与更新。这其实意味着真实世界中的大部分变化（最终是全部变化）都将在数字世界中出现，用户在数字世界中交互时推动的变化也最终将在真实世界中出现。这种同步的变化，既包括自然环境，也包括人类社会，如政治活动、经济活动等。

2.1.3 创造

想要实现高保真、物理级准确、可扩展、实时的数字世界模拟非常困难。海量的数字资产创造和变化，需要让每个用户都能参与，特别是低门槛地参与高保真数字世界的创建。[4] 这一方面是指用户有意识的 UGC 创造活动，并通过这种活动在数字世界中获取经济利益；另一方面是指用户通过无意识的交互活动推动数字资产的创造，比如用户在数字世界中驾驶车辆产生的数字轨迹数据。

2. 分层模型描述的“元宇宙”体系结构

2.1 分层模型的描述方法

分层（分级）模型是一种计算机网络的设计方法，目前绝大多数计算机网络都采取分层设计。所谓分层模型设计，就是按照信息 / 数据的流动过程将网络的整体功能分解为不同的功能层。不同系统的同等功能层之间采用相同的协议，同一系统的相邻功能层之间通过接口进行信息 / 数据流动。它的优点是：每层都实现一个相对独立的功能，这样就将复杂问题分解为若干个较为容易处理的“小问题”，从而减少网络设计的复杂性。[5]

OSI体系结构	TCP/IP体系结构	五层协议体系结构
7.应用层	应用层 （各种应用层协议 如TELNET,FTP,SMTP等）	5.应用层
6.表示层		
5.会话层		
4.运输层	运输层（TCP或UDP）	4.运输层
3.网络层	网际层IP	3.网络层
2.数据链路层	网络接口层	2.数据链路层
1.物理层		1.物理层

图 1 典型网络分层体系结构

计算机网络的各层以及其协议的结合，称为网络体系结构。它系统性地定义了计算机网络应包括哪些层次，每层提供哪些功能。但不涉及这些功能是如何实现的，以及每层软硬件的组成。1974 年，IBM 公司提出了世界上的第一个网络体系结构“系统网络体系结构 SNA”。从那时起到现在，各种网络体系结构几乎都是用了分层模型。1981 年，国际标准化组织 ISO 还提出了一个国际网络体系结构标准——开放系统互连模型（Open System Interconnection reference model）OSI/RM，简称 OSI。OSI 通过统一的分层模型设计，促进了整个网络世界中信息和数据的流动和共享，推动了网络通信的发展：对网络的每层都制定相对严格的标准，并以此生产软硬件，推动不同企业、主体网络产品之间的兼容。

“元宇宙”为代表的下一代互联网是技术进步后，高带宽传输能力、海量新生信息 / 数据、超高算力的产物，其功能的实现更加依托不同层次之间信息 / 数据的有效流动。因此，分层模型也适用于对“元宇宙”为代表的下一代互联网的结构描述与分析。

2.2 “元宇宙”的网络体系结构

通过对“元宇宙”及相似概念的梳理，从实际操作出发总结下一代互联网的网络体系结构如下。

分层模型描述的下一代互联网



图 2 分层模型描述的下一代互联网

2.2.1 基础载体

基础载体包括基本的软硬件，是“元宇宙”的“大地”和“空气”。主要包括：（1）云计算（及云存储）。相当于数字世界的大脑，“元宇宙”的一切环境、变化都在云上实现。但是在一些真实世界和数字世界的连接枢纽——比如 AR 眼镜——可能保留边缘计算，从而更好对真实世界的环境和变化进行采集，然后传递给云。（2）渲染技术。三维渲染，即将现实中各种物质以各类曲线或多边形的形式抽象出来，再通过计算机输出最终图像的算法实现的集合。虽然“元宇宙”需要多种计算技术，但渲染技术是其中比较特殊的一种。它是在前台构筑整个数字世界的基础能力，没有渲染技术，即使有高带宽传输和强大的算力，也无法让用户体验到数字世界。渲染技术的趋势，一是云渲染，二是实时渲染。只有实现实时渲染，用户在数字世界中交互以及真实世界的变化才能立即在数字世界中变化出来。（3）高带宽通信。它保障了端与云之间的传输，使虚实世界中的变化能够互通。但是面向下一代互联网的通信需求可能是最高百 M 级的 5G 传输无法满足的，也许需要 G 级传输起步。（4）空间信息技术。包括基础地理信息和定位系统等，实现数字世界和真实世界的映射和关联。具体而言，数字世界内的自然环境和社会环境（如城市）来自真实世界，必须利用 GIS、遥感等技术对真实世界的空间信息数据进行采集、处理，用于形成高仿真度的世界。在“元宇宙”建成后，真实世界的变化同样需要空间信息技术进行感知，包括真实人 / 网络分身的移动也

需要定位技术的高精度反映。未来量产的 XR 硬件（如眼镜）必然包括定位芯片，否则不可能指导用户在环境中的行动。（5）人工智能。在从云计算到空间信息技术的一系列都有人工智能应用。对“元宇宙”，人工智能还有一些针对性的任务：比如会存在大量 AI 数字人，作为数字世界服务员、工人等，从事不同难度的工作，使真实人类在数字世界中更好的生活。

总体而言，“元宇宙”为代表的下一代互联网是基于海量计算的实时三维世界，三项关键技术是：计算（包括渲染）、传输、感知。

2.2.2 工具层

主要是生成数字世界的资产和推动数字世界的运行。主要包括：（1）三维渲染引擎：渲染技术工具，能够通过低门槛、“人人参与”的方式进行数字场景的生产和编辑。（2）三维扫描：侦测并分析现实世界中物体或环境的形状（几何构造）与外观数据（如颜色、表面反照率等性质）。搜集到的数据常被用来进行三维重建计算，在虚拟世界中创建实际物体的数字模型。[16]（3）AIGC：即人工智能生成内容，相对于 UGC、PGC（机构生成内容），是利用人工智能在“元宇宙”内生成资产的主要方式。（4）低代码平台：广义上的低代码平台包括低代码平台和零代码平台，可通过自动代码生成和可视化编程，只需要少量代码就可快速搭建各种应用零代码平台：零开发经验的业务人员通过拖拽等方式，无需编写代码，即可快速搭建各种应用。（5）程序化生成：依据某种规律和算法自动生成数字内容和资产，或者推动场景等数字世界的变化。（6）AI 视觉：主要是利用图像识别、语义分割等算法依据画面生成数字内容和资产，以及对真实世界、数字世界的运行进行感知，是计算的信息 / 数据采集环节。

支撑整个“元宇宙”运行的底层载体和工具都由创造者（运营者）提供。但是到最后，工具将具有 UGC 的特点：比如程序员高手将创造者（运营者）提供的“盖房工具”优化，使其他用户能够更快、更好地盖房子，并且可以通过销售这种工具获利。

2.2.3 资产层

资产层主要是“元宇宙”中沉淀的资产以及推动这些资产共享的平台与渠道，与目前站酷、ArtStation 甚至网络文学、网络漫画的逻辑类似。从实践中看，工具往往自带资产库。资产创作者是“元宇宙”的第一批用户。他们基于爱好或兴趣，UGC 生成内容。这些内容就是“元宇宙”本身：比如一位用户创建和自己线下家庭一模一样的房间，并且（通过一定的规则）改变自己家附近的环境。随着用户的不断扩张、不断低门槛化，整个世界中沉淀的、来自用户的数字资产越来越多、越来越丰富（当然其中很多是数字垃圾）。用户可以更容易地利用这些资产再创造更多内容。

2.2.4 应用层

实际上就是“元宇宙”的社会活动，以及与之相关的数字环境变化。包括：

（1）三维交互内容。它由用户在真实世界、虚拟世界中生活、工作而产生的即时性变化，以及与这些交互匹配的应用场景和程序。它也包括了数字世界中的人类活动规律和制度，比如法律、伦理、社会运行、经济活动等等。它产生数字世界的主要内容、活动和资产，以微观的形式构筑了精彩的数字世界。

（2）三维线性内容

不因用户交互而发生的变化和内容，或者因用户交互内容累积到一定程度才会发生的变化和内容。相当于真实世界的自然规律和宏观世界变化。

（3）二维互联网内容

Web1.0、Web2.0 内容进入“元宇宙”，部分三维化、部分仍然以二维的形式存在。但随着“元宇宙”的不断发展，绝大多数不能实现三维化转化的二维资产都将被淘汰或失去实际意义。

3. 基于分层模型的产业分布分析

利用分层模型对“元宇宙”的体系结构进行描述后，就可以以此为基础对于“元宇宙”进行多种分析。本文尝试以此为基础，对当前“元宇宙”产业链上中外（互联网 /IT）优势企业的分布进行分析。需要强调的是，目前资产层还没有独立产生较强的企业，而是寄生于工具层或应用层企业之下，如资产工具自带强大的资产库，或者在应用平台、产品中沉淀了大量数字资产。

分层模型描述的下一代互联网产业优势企业分布



图 3 分层模型描述的下一代互联网产业优势企业分布

3.1 中国企业在“元宇宙”产业的优势企业分布

中国企业在“元宇宙”产业中主要分布在两端：基础设施与应用。首先基础设施方面，拥有高带宽通信和云计算。这主要是华为在 5G 方面的强大技术优势和市场占有率，以及中国快速、迅猛的数字化进程，庞大的用户规模所带来的云计算基础。目前，阿里巴巴公司、腾讯公司、百度公司都拥有世界领先的云计算和云存储能力。其次应用方面，以游戏企业为代表的应用能力。目前公认最接近“元宇宙”的数字形态，罗布乐思（ROBLOX）、“我的世界”等平台和产品也是公认的最接近“元宇宙”形态的数字平台和产品。游戏是实施渲染、云计算的率先应用者，也有数字世界社交、管理等经验。目前腾讯公司、网易公司等都在全球游戏产业占有龙头地位，其他中国大型互联网公司和内容平台也在积极进

入游戏领域。但需要指出的是：中国在支撑云计算的底层硬件，如 CPU、GPU 等都处于发展过程中，还受到国外企业的明显制约。

3.2 中国企业在“元宇宙”产业的劣势

中国企业在“元宇宙”产业布局中的“工具层”有明显缺失。主要表现在两方面：一是在作为“元宇宙底盘”之一的渲染技术方面落后比较严重，直接表现为没有强势的引擎工具。目前国外的 U3D（Universal 3D）、虚幻（Unreal）等三维引擎不仅持续降低门槛，还进行开放，促进生态的形成。这与 Windows、Android 等操作系统的情况十分相似，最终使全球用户很难脱离它们丰富的应用而转为试用自己国家的软件。国内腾讯公司等自研的三维引擎还处在代码界面到可视化界面的过渡中，仍需要具有一定专业背景的人员才能使用。二是其他工具软件的缺失。目前中国几乎还没有能在国内外广泛使用的内容创作软件，比如 Adobe 系列软件，或者 MacOS 系统的设计、视频软件。从实际调研来看，专家和行业人士认为中国在“工具层”的整体产业力量占比可能小于 5%，而且存在明显的代际鸿沟。

3.3 国外“元宇宙”产业分布的趋势

从全球角度，目前在“元宇宙”为代表的下一代互联网产业分布中出现了明显的“全产业链”趋势，诞生了英伟达公司、Epic Games 公司这样即将覆盖从底层载体到应用层全产业链的超级企业。首先以英伟达公司为例说明。英伟达公司是全球最大的计算机显卡制造企业之一，是创造性的 GPU 的发明者。目前，全球的人工智能计算和产业都依靠 GPU 技术。基于 GPU 的算力和生态，英伟达公司以自研为主，其布局已经从底层硬件延伸到内容创造层。Omniverse 其实是完全基于和匹配英伟达公司 GPU 显卡技术特点的内容生产平台，既包括与英伟达公司 GPU 显卡高度适应的引擎工具，也将通过提供资产工具生成、沉淀海量资产库。而在 Web2.0 时代，英特尔公司、AMD 公司等硬件企业几乎不向软件延伸，而是通过与微软公司等软件企业合作。英伟达公司可能是桌面计算机领域第一家在软硬件领域都有强大能力的企业。在移动互联网领域，则是苹果公司。再以 Epic games 公司为例。Epic Games 公司是一家游戏公司，利用旗下的三维实时渲染引擎 Unreal Engine 制作游戏产品。2015 年，Epic Games 公司宣布将 Unreal Engine 开放使用，游戏公司只有营业额达到一定规模后，才需要交付 5% 左右的版权使用费。这立刻推动 Unreal Engine 在全球游戏行业中的使用，并且极大扩展了它在各领域的应用。同时，Epic Games 公司也不断推进 Unreal Engine 的低门槛化，通过优化和完善可视化的编辑界面使用户更加直观、便捷地制作三维产品。到今天，Unreal Engine 已经在数字城市、数字工厂等几乎所有数字孪生领域都得到了深度应用，并且扩展到影视、智能汽车等多个领域。Epic Games 公司本身就是游戏企业，开发的《堡垒之夜（Fortnite）》也具有较强的“元宇宙”形态。它通过不断收购和控股在工具层和应用层进行布局，比如 2015 年它收购了影视与游戏资产工具制造商 Quixel。

结语

下一代互联网不是简单的技术问题、科技问题，通过对“元宇宙”为代表的下一代互联网的体系结构分析，能更加清晰、明确地认知下一代互联网的特点、功能、趋势。“元宇宙”产业链上，有较强竞争力的企业分布，实际代表了当前各国在下一代互联网竞赛中的位置和力量。从前文分析看，我国在“元宇宙”为代表的下一代互联网产业分布方面还有较为明确的短板。特别是在涉及数字资产生成的应用软件工具领域，较为薄弱。同时，从全球规律看，在 5G、云计算、游戏等领域具有一定竞争力的中国企业应适当向产业链其他环节延伸，特别是利用开放生态的方式扩大以“元宇宙”为代表的下一代互联网产业链上的覆盖度，从而适应目前“全产业链”覆盖的“元宇宙”趋势。媒

* 本文主要基于对腾讯公司、英伟达公司、Epic Game 公司等相关产业人士和研究人员的调研访谈。

参考文献

[1] 胡喆、温竞华 . 什么是元宇宙？为何要关注它？——解码元宇宙 [EB/OL].（2021-11-19）[2022-01-06].https://baijiahao.baidu.com/s?id=1716854014749625905&wfr=spider&for=pc.

[2] 上海证券报记者温婷 . 马化腾预判移动互联网升级方向：全真互联网 [EB/OL].（2020-12-03）[2022-01-06].https://baijiahao.baidu.com/s?id=1685028693951676385&wfr=spider&for=pc.

[3] 英伟达官方网站 [EB/OL].https://www.nvidia.cn/omniverse/.

[4] 澎湃新闻 . 专访英伟达开发平台副总裁：元宇宙平台怎么建 [EB/OL].（2021-12-28）[2022-01-06].https://baijiahao.baidu.com/s?id=1720384522238838632&wfr=spider&for=pc.

[5] 田凌燕，孔令信主编 . 大学计算机基础实践教程 [M]. 重庆：重庆大学出版社，2021.

[6] 钟鸣 . 三维场景的渲染技术研究与实现 [D]. 武汉：武汉理工大学，2012.

作者简介：山旭（1979-），男，黑龙江哈尔滨，媒体融合生产技术与系统国家重点实验室空间信息技术媒体应用研究中心副主任，研究方向：空间信息技术、智能媒体技术。冯春（1990-），女，河北衡水，媒体融合生产技术与系统国家重点实验室空间信息技术媒体应用研究中心科研主管，研究方向：空间信息技术、智能媒体技术。

（责任编辑：李净）